



TITLE:

発泡コアサンドイッチパネルの静的・疲労き裂進展特性の実験と解析による研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

松田, 博和

CITATION:

松田, 博和. 発泡コアサンドイッチパネルの静的・疲労き裂進展特性の実験と解析による研究. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20330>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	松 田 博 和
論文題目	発泡コアサンドイッチパネルの静的・疲労き裂進展特性の実験と解析による研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>複合材料の長所を活かした構造として航空機の一次構造部材への適用が期待されている発泡コアサンドイッチパネルは、一体構造であるため、損傷許容性の確立が実用化へ向けての大きな課題となっている。本論文は、き裂進展を抑制する構造要素であるクラックアレスターについて、その効果を定量的に評価するとともに、発泡コアサンドイッチパネル特有の成型時に生じる熱残留応力や異材界面による混合モード状態の影響を考慮し、様々な負荷状況下に対する統一的なき裂進展挙動の定量的評価手法を示したものである。本論文は以下に示す7章からなる。</p> <p>第1章は緒論であり、研究背景および本論文の目的を述べている。まず、航空機における軽量化の必要性和、軽量化に適した発泡コアサンドイッチパネルに対する損傷許容性確立の重要性について述べている。次にこれまで提案されたき裂進展抑制構造やき裂進展挙動の評価手法に関する研究動向について示した上で、本研究の目的を述べている。</p> <p>第2章では、半円断面形状の標準型クラックアレスターについて、混合モード型静荷重負荷に対するき裂進展抑制効果を、破壊靱性試験および解析により破壊力学的に実証した。き裂進展抑制効果を見かけの破壊じん性値上昇率で評価し、モードⅡ成分が大きいほどき裂進展抑制効果が大いことを示した。さらに、発泡コアサンドイッチパネル成形時に、面板、アレスター、コアの線膨張率の違いにより生じる熱残留応力の影響により、無負荷状態でもき裂面を閉口させる力が働くことを示した。アレスターがある場合、き裂面を閉口させる力が増加し、熱残留応力を考慮しない場合よりもさらにエネルギー解放率低減効果が大きくなることを示した。この効果を考慮することで、アレスターのき裂進展抑制効果を定量的に評価できることを示した。</p> <p>第3章では、モードⅠ型疲労荷重負荷に対する半円断面形状の標準型クラックアレスターのき裂進展抑制効果を、疲労き裂進展試験および解析により破壊力学的に実証した。き裂先端がアレスターに近づくにつれ、疲労き裂進展速度が低下し、見かけの疲労き裂進展下限界が上昇することを示した。また、破壊じん性の評価の場合と同様に、熱残留応力の影響を考慮した最大エネルギー解放率 G^*_{\max} で疲労き裂進展挙動が評価できることを示した。さらに、荷重比の異なる疲労試験を実施し、応力比依存性について調査した。熱残留応力を考慮した解析的評価により、き裂先端</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	松 田 博 和
<p>の真の応力比 R_{net} は荷重比 R_p よりも大きな値となることを示した。また、真の応力比 R_{net} が異なる条件においても、G^*_{max} を用いてき裂進展挙動を整理でき、破壊機構が最大応力支配型であることを示した。</p> <p>第4章では、モードⅡ型疲労荷重負荷に対する半円断面形状の標準型クラックアレスターのき裂進展抑制効果を、疲労き裂進展試験および解析により破壊力学的に実証した。さらに、荷重比の異なる疲労試験を実施して応力比依存性について調査し、モードⅡ型負荷下の疲労き裂進展挙動には、最大エネルギー解放率 G^*_{max} と修正エネルギー解放率範囲 $(\Delta\sqrt{G^*})^2$ の両方が寄与することを示した。すべてのき裂進展速度領域で、複合材料積層板の層間き裂の場合に比べて、最大エネルギー解放率 G^*_{max} の寄与が大きく、樹脂層を主に伝ばする複合材料積層板の層間き裂の場合と破壊機構が異なることを示した。破面は破壊じん性試験の結果と似た様相であり、脆性的な破壊機構であることが示唆された。</p> <p>第5章では、混合モード型疲労荷重負荷に対する半円断面形状の標準型クラックアレスターのき裂進展抑制効果を、疲労き裂進展試験および解析により破壊力学的に実証した。さらに、モードⅠ型負荷とモードⅡ型負荷の結果と比較することにより、混合モード型負荷下の疲労き裂進展挙動に対する最大エネルギー解放率の寄与率が熱残留応力の影響を考慮した真の混合モード比と相関があることを見出すとともに、この関係を用いてき裂進展挙動を定量的に評価できることを示した。これにより、あらゆる混合モード比、応力比における疲労き裂進展挙動の統一的な定量的評価法を示した。</p> <p>第6章では、実構造への適用がしやすいアレスター構造の例として、発泡コア同士を結合するスプライス部にき裂進展抑制効果を付与した、スプライス兼用型クラックアレスターを提案し、その効果に対する構造、材料の影響を検討した。さらに、モードⅠ型静荷重負荷に対するき裂進展抑制効果を破壊じん性試験および解析により破壊力学的に実証し、スプライス兼用型アレスターのき裂進展抑制効果が標準型アレスターよりも高いことを示した。</p> <p>第7章は結論であり、本研究で得られた成果ならびに今後の課題を述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

複合材料の長所を活かした構造として、航空機の一次構造部材への適用が期待されている発泡コアサンドイッチパネルは、一体構造のため、損傷許容性の確立が実用化へ向けての大きな課題である。本論文では、き裂進展を抑制する構造要素であるクラックアレスターのき裂進展抑制効果を実証するとともに、き裂進展挙動の定量的評価手法について示したものであり、以下の知見を得ている。

- 1) 混合モード型負荷での静的荷重に対する標準型クラックアレスターのき裂進展抑制効果を、破壊靱性試験および解析により破壊力学的に実証し、その効果に対する負荷荷重モードの影響を示した。さらに、成形時に生じる熱残留応力の影響を考慮することで、各モードの静的き裂進展挙動が定量的に評価できることを示した。
- 2) モードⅠ型負荷、モードⅡ型負荷、および混合モード型負荷での疲労荷重下における標準型クラックアレスターのき裂進展抑制効果を、疲労き裂進展試験、および解析により破壊力学的により実証し、アレスターの効果に対する荷重の混合モード比の影響を示した。
- 3) モードⅠ型負荷下の疲労き裂進展挙動の応力比依存性は、熱残留応力の影響を考慮した最大エネルギー解放率で定量的に評価できることを示した。一方、モードⅡ型負荷下の疲労き裂進展挙動は、最大エネルギー解放率と修正エネルギー解放率範囲の両方が寄与することを示した。モードⅡ型負荷では、複合材料積層板と比べ破壊機構が異なることが明らかとなった。
- 4) 混合モード型負荷下の疲労き裂進展挙動に対する最大エネルギー解放率の寄与率が熱残留応力の影響を考慮した真の混合モード比と相関があることを見出すとともに、この関係を用いてき裂進展挙動を定量的に評価できることを示した。これにより、あらゆる混合モード比、応力比における疲労き裂進展挙動の統一的な定量的評価法を示した。
- 5) 実機への適用を想定したスプライス兼用型アレスターを考案し、その効果に対する構造、材料の影響を検討した。さらに、き裂進展抑制効果が標準型よりも高いことを実証した。

以上のように本論文は、発泡コアサンドイッチパネルのき裂進展挙動の定量的評価を示した。これにより、アレスターの構造や、実機における配置、間隔等の設計が可能となり、発泡コアサンドイッチパネルの実用化に大いに貢献した。得られた成果は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 1 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。